Лекция 8. Электрические машины постоянного тока

8.1. Принцип работы машины постоянного тока

Машина постоянного тока — электромеханический преобразователь: работает как генератор (механическая энергия → электрическая) или как двигатель (электрическая энергия → механическая). Принцип основан на законе электромагнитной индукции и силе Ампера.

Основные элементы: индуктор (полюса с обмотками возбуждения на статоре — создаёт магнитное поле), якорь (ротор с обмотками, в которых наводится ЭДС), коллектор (механический выпрямитель — преобразует переменную ЭДС в постоянное напряжение на щётках).

8.2. ЭДС якоря и электромагнитный момент

$E = c \times \Phi \times n$, где c — постоянная машины, Φ — магнитный поток, n — частота вращения

$M = c \times \Phi \times I_я$, где $I_я$ — ток якоря

8.3. Способы возбуждения

Способ возбуждения	Схема	Особенности
Независимое	Обмотка возбуждения от отдельного источника	Регулировка широкая; используется в системах управления
Параллельное (шунтовое)	ОВ параллельно якорю	Частота почти не зависит от нагрузки; станки, вентиляторы
Последовательное (сериесное)	ОВ последовательно с якорем	Большой пусковой момент; тяговые двигатели (трамваи)
Смешанное (компаундное)	Две ОВ — параллельная и последовательная	Стабильная работа с большим пусковым моментом

8.4. Работа двигателем. Пуск

Уравнение электрического равновесия якоря двигателя:

$U = E + I_я \times R_я$, отсюда $I_я = (U - E) / R_я$

При пуске (n = 0) ЭДС E = 0, и пусковой ток ограничен только R_я (малым). Для ограничения пускового тока включают пусковой реостат:

$I_п = U / (R_я + R_{пуск})$

⚠ Пусковой ток без реостата может превышать номинальный в 10–20 раз. Это грозит искрению коллектора, сгоранию обмоток. Пусковой реостат обязателен для двигателей мощностью > 1 кВт.

8.5. Регулирование частоты вращения

- Изменением напряжения U на якоре (плавное, тиристорные преобразователи).
- Изменением магнитного потока Ф (изменением тока возбуждения) — выше основной скорости.
- Введением сопротивления в цепь якоря — ниже основной скорости, но с потерями.

8.6. Реверс двигателя

Для изменения направления вращения нужно изменить направление тока либо в якоре, либо в обмотке возбуждения (но не одновременно). На практике чаще переключают полярность якоря.

8.7. Коллектор и щётки. Проблемы

- Искрение щёток — следствие плохой коммутации, износа щёток, загрязнения коллектора.
- Дугу на коллекторе гасят компенсационные обмотки и сдвиг щёток на нейтраль.
- Щётки подбирают по марке: медно-графитовые (малые токи), угольно-графитовые (общее применение), электрографитированные (тяжёлые условия).
- Продольный износ коллектора устраняют проточкой на токарном станке с последующей шлифовкой.

8.8. Практика электромонтёра

- Перед пуском двигателя проверить щётки, коллектор (чистый, без выработок), сопротивление изоляции.
- Пусковой реостат выводить плавно, по мере разгона двигателя.
- Контроль тока якоря по амперметру — не превышать номинал при перегрузке.
- Искрение коллектора — сигнал к проверке щёток, давления щёткодержателей, состояния поверхности коллектора.
- Перегрев подшипников — общая проблема; контролируют температуру и смазку.